

# ATLAS実験シリコン飛跡検出器の 宇宙線テストにおけるノイズ解析

岡山大学自然研究科 美馬 寛

2007年3月27日

日本物理学会春季大会 首都大学東京南大沢キャンパス

田中礼三郎, 内藤大輔, 原和彦<sup>A</sup>, 永井義一<sup>A</sup>, 井上孝紀<sup>A</sup>,  
近藤敬比古<sup>B</sup>, 海野義信<sup>B</sup>, 池上陽一<sup>B</sup>, 高力孝<sup>B</sup>, 寺田進<sup>B</sup>, 高嶋隆一<sup>C</sup>, 山下良樹<sup>C</sup>,  
上田郁夫<sup>D</sup>, 花垣和則<sup>E</sup>, 他アトラスSCTグループ

岡山大自然, 筑波大物理<sup>A</sup>, 高工研<sup>B</sup>, 京都教育大<sup>C</sup>, 東大素<sup>D</sup>, 阪大<sup>E</sup>



# 目次・概要

---

1. 実験の舞台の紹介
  1. LHC加速器
  2. ATLAS検出器
  3. SCT飛跡検出器
2. 宇宙線テスト
  1. ノイズ解析
  2. Noisy/Deadチャンネル
3. まとめ

# 1.1.LHC加速器(Large Hadron Collider)

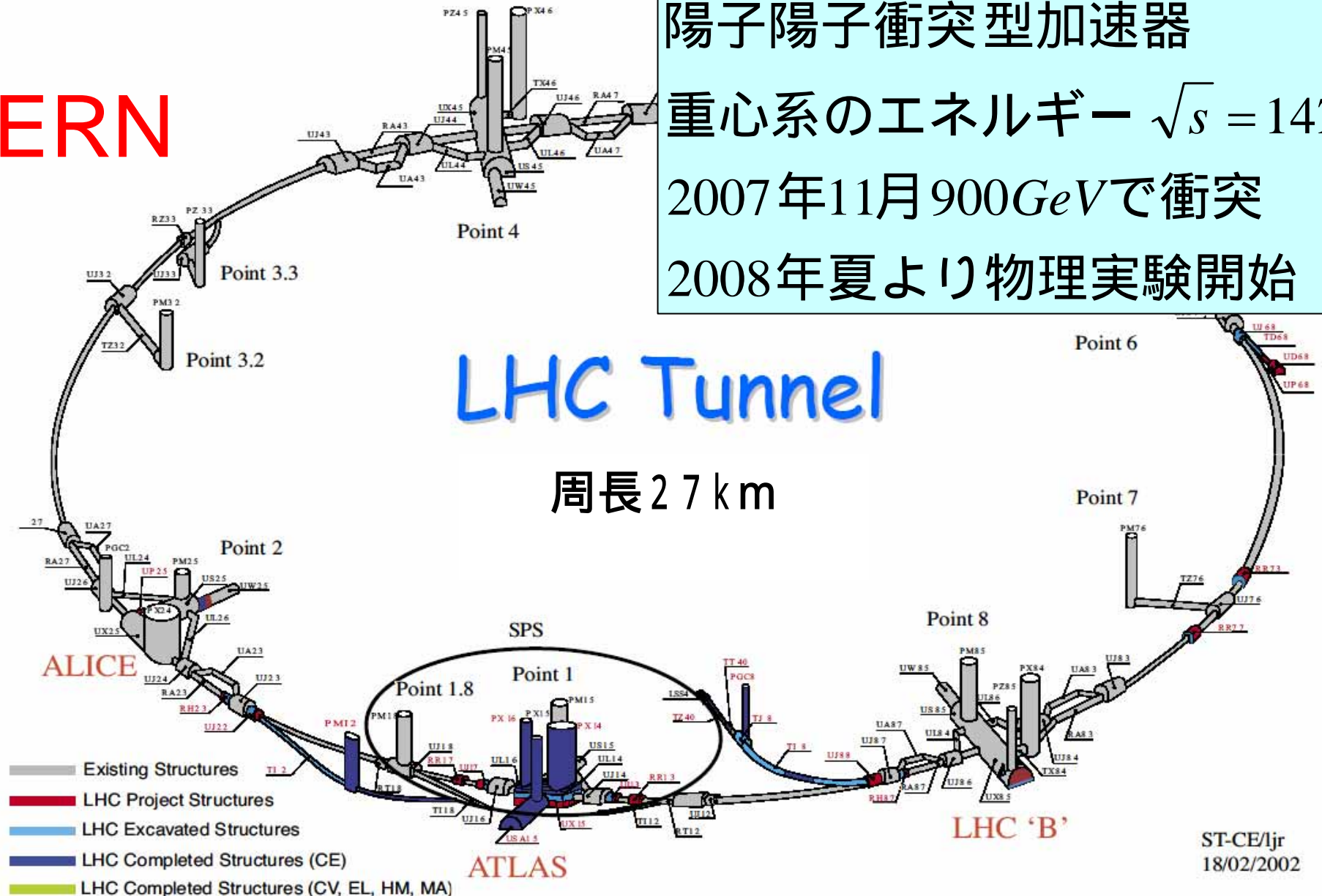
CERN

陽子陽子衝突型加速器

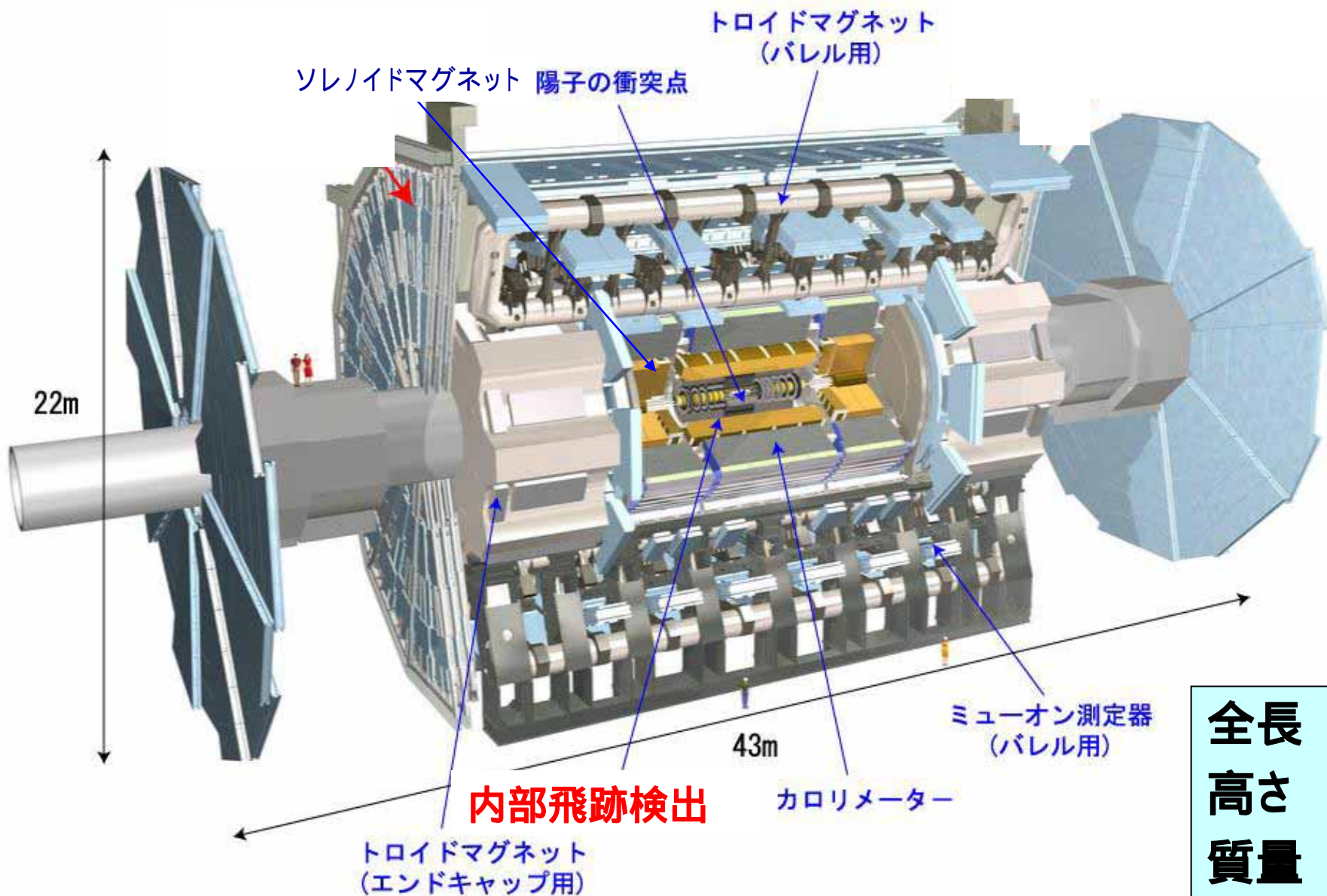
重心系のエネルギー  $\sqrt{s} = 14\text{TeV}$

2007年11月900GeVで衝突

2008年夏より物理実験開始



# 1.2. ATLAS検出器



|    |        |
|----|--------|
| 全長 | 43 m   |
| 高さ | 22 m   |
| 質量 | 7000 t |

# 内部飛跡検出器

**TRT** (遷移輻射飛跡検出器)

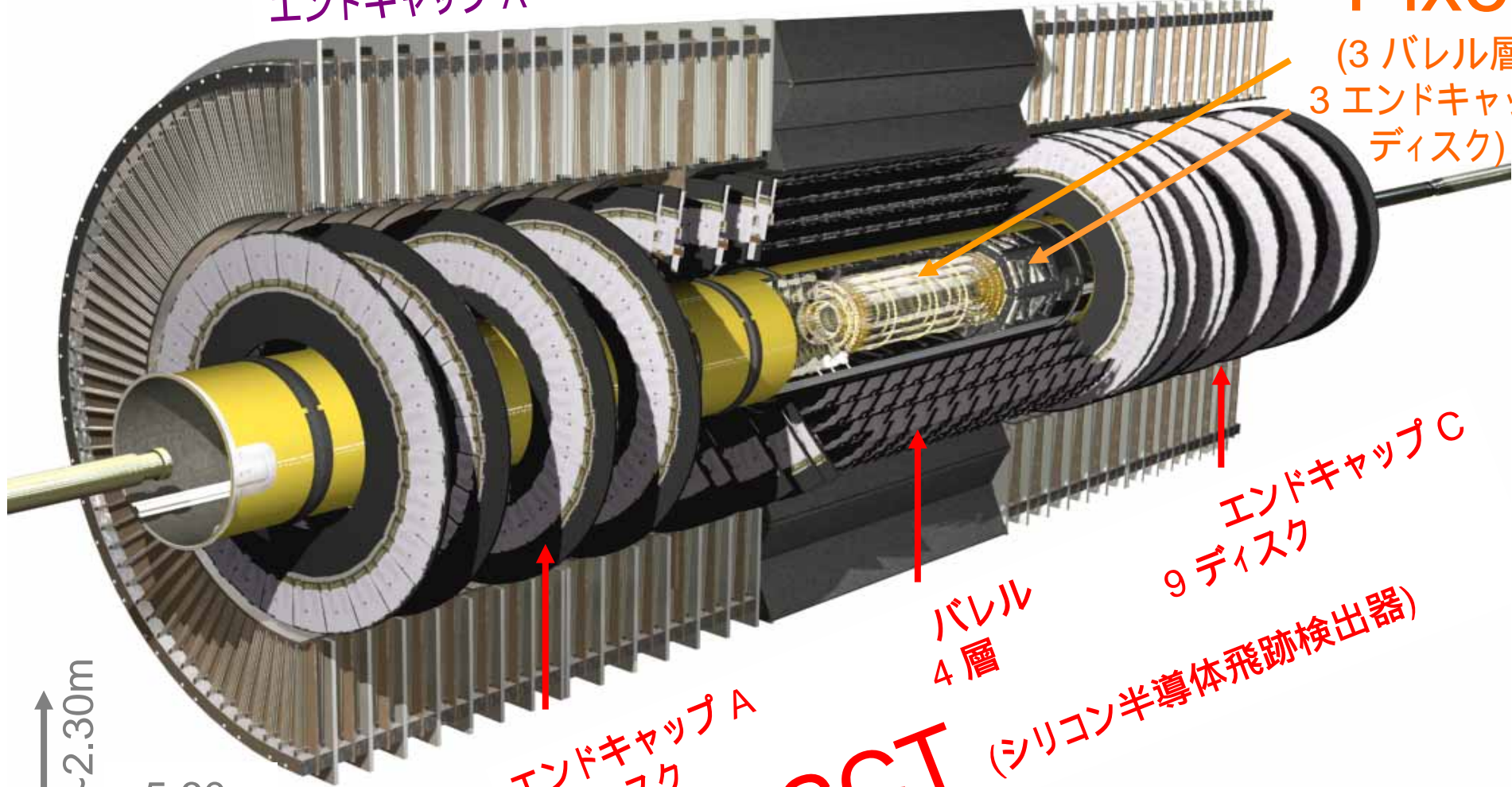
エンドキャップ A

バレル

エンドキャップ C

**Pixel**

(3 バレル層;  
3 エンドキャップ  
ディスク)



エンドキャップ A  
9 ディスク

バレル  
4 層

エンドキャップ C  
9 ディスク

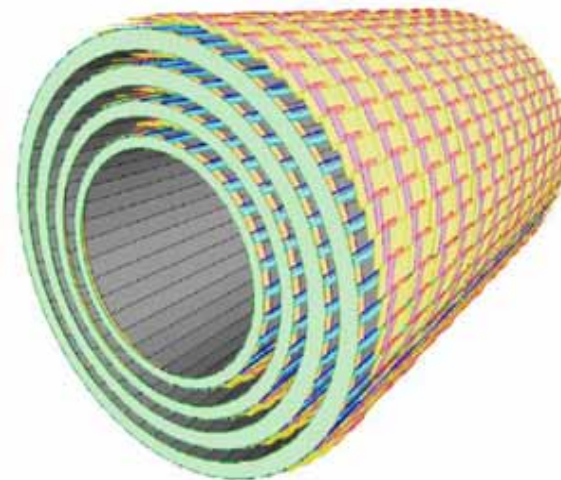
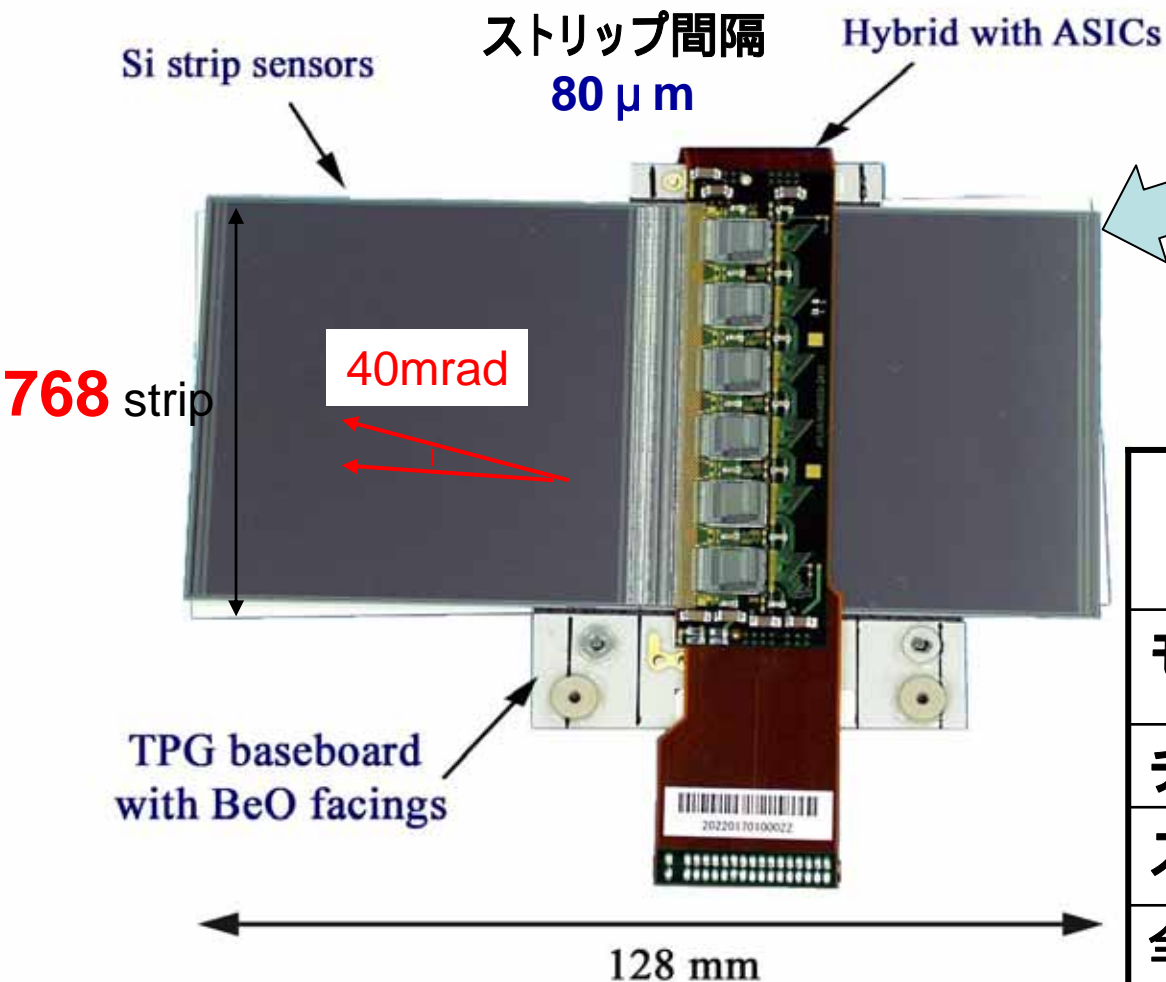
**SCT** (シリコン半導体飛跡検出器)

~2.30m  
~5.60m  
2007/3/27

# 1.3.SCT飛跡検出器

## SCTバレルモジュール

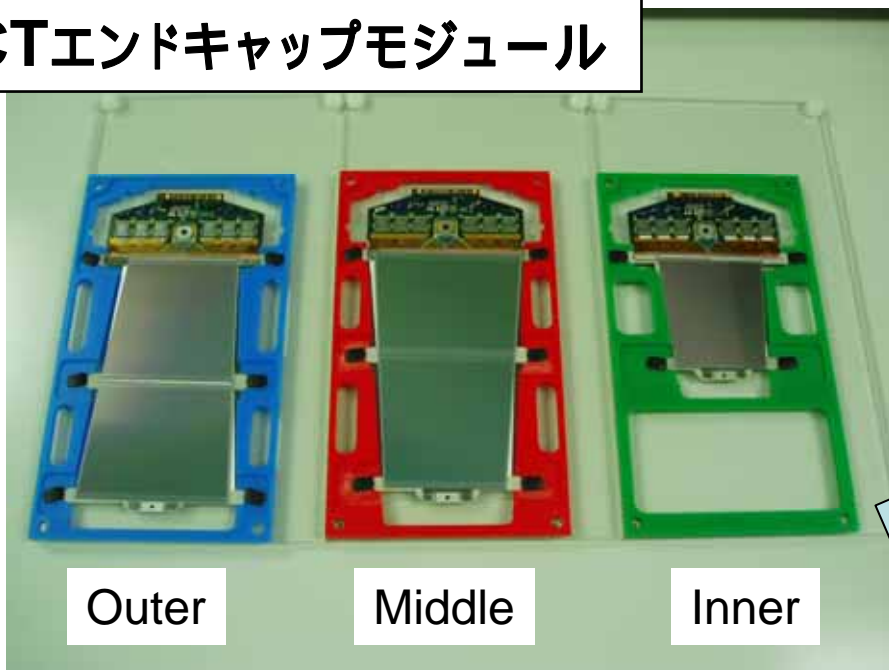
## SCTバレル(4層)



|         | バレル<br>(4層) | エンドキャップ<br>(9ディスク) × 2 |
|---------|-------------|------------------------|
| モジュール数  | 2112        | 988 × 2                |
| チップ数    | 12          | 12                     |
| ストリップ   | 768 × 2     | 768 × 2                |
| 全チャンネル数 | 324万        | 150万 × 2               |

# エンドキャップ

## SCTエンドキャップモジュール



**Outer:** 56.5–71.8 mm x 123.1 mm

- Pitch: 70.8 – 90.3  $\mu\text{m}$

**Middle:** 56.1–75.2 mm x 118.7 mm

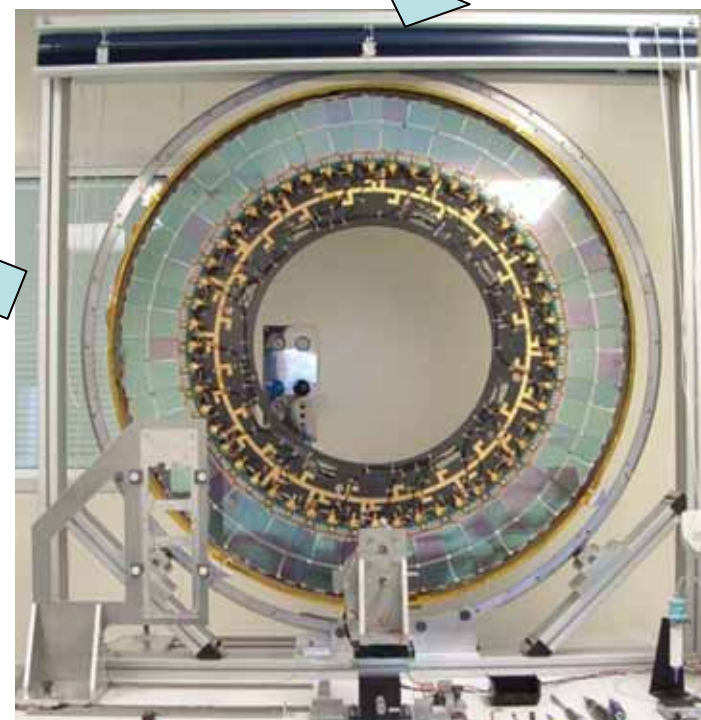
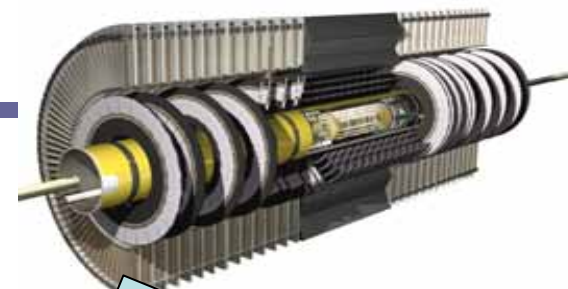
- Pitch: 70.3 – 94.8  $\mu\text{m}$

**Inner:** 43.8–55.8 mm x **73.9** mm

- Pitch: 54.4 – 69.5  $\mu\text{m}$

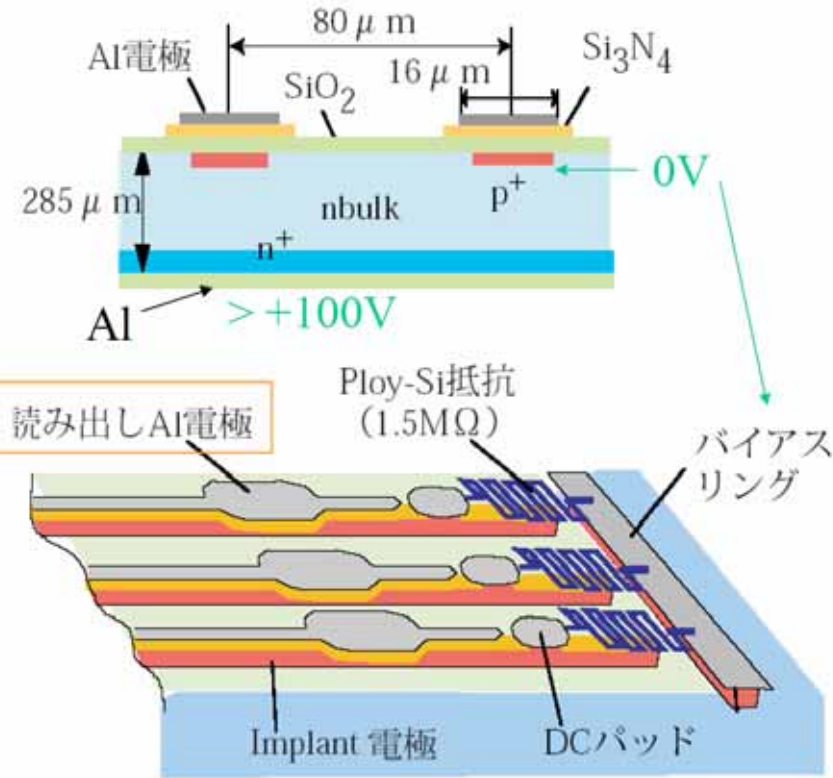
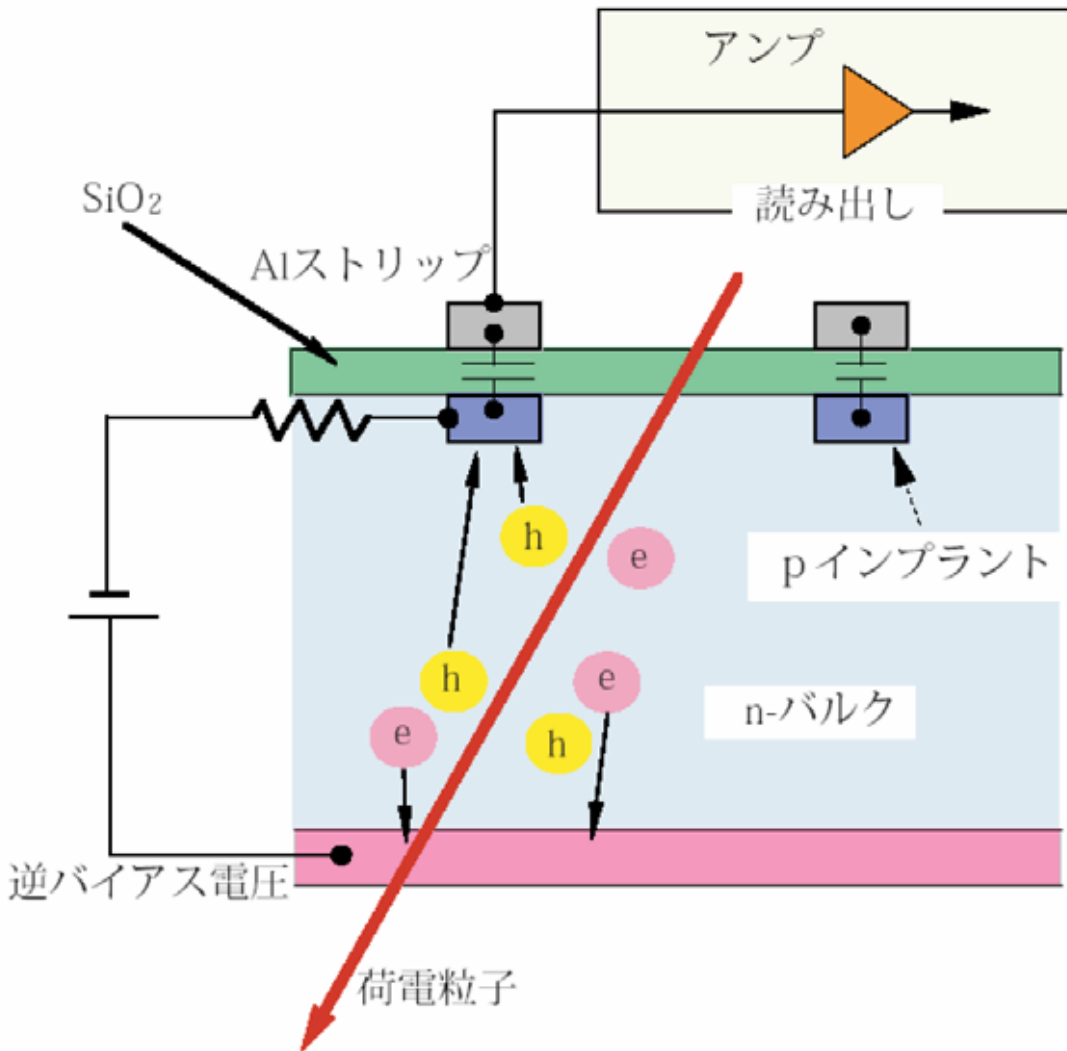
9ディスク

988モジュール



ディスク

# SCT動作原理



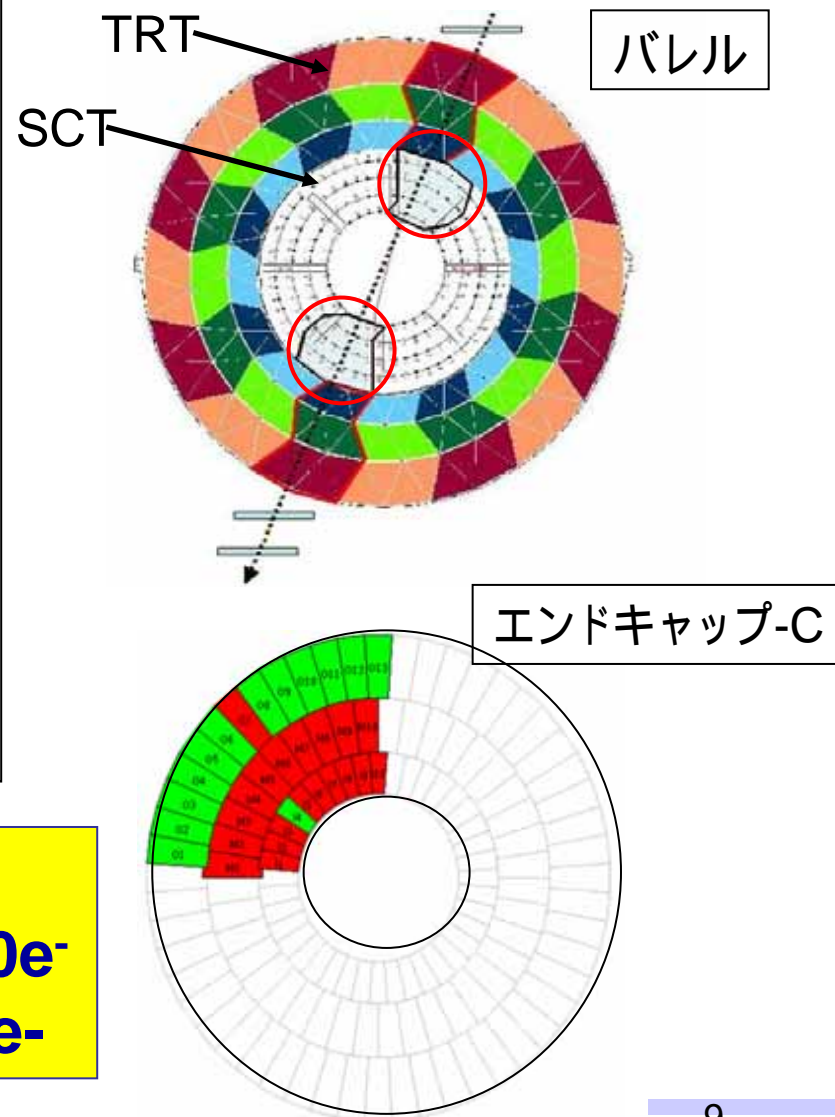
## MIP荷電粒子の信号

|                          |                                    |
|--------------------------|------------------------------------|
| 80e <sup>-</sup> h対/ μ m | 24000e <sup>-</sup> ( <b>4fC</b> ) |
| シリコンの厚さ                  | 285 μ m                            |
| Threshold                | <b>1fC</b>                         |
| バイアス電圧                   | 150Volts                           |
| 位置分解能                    | d/ 12=23 μ m                       |



# 2.SCT宇宙線テスト

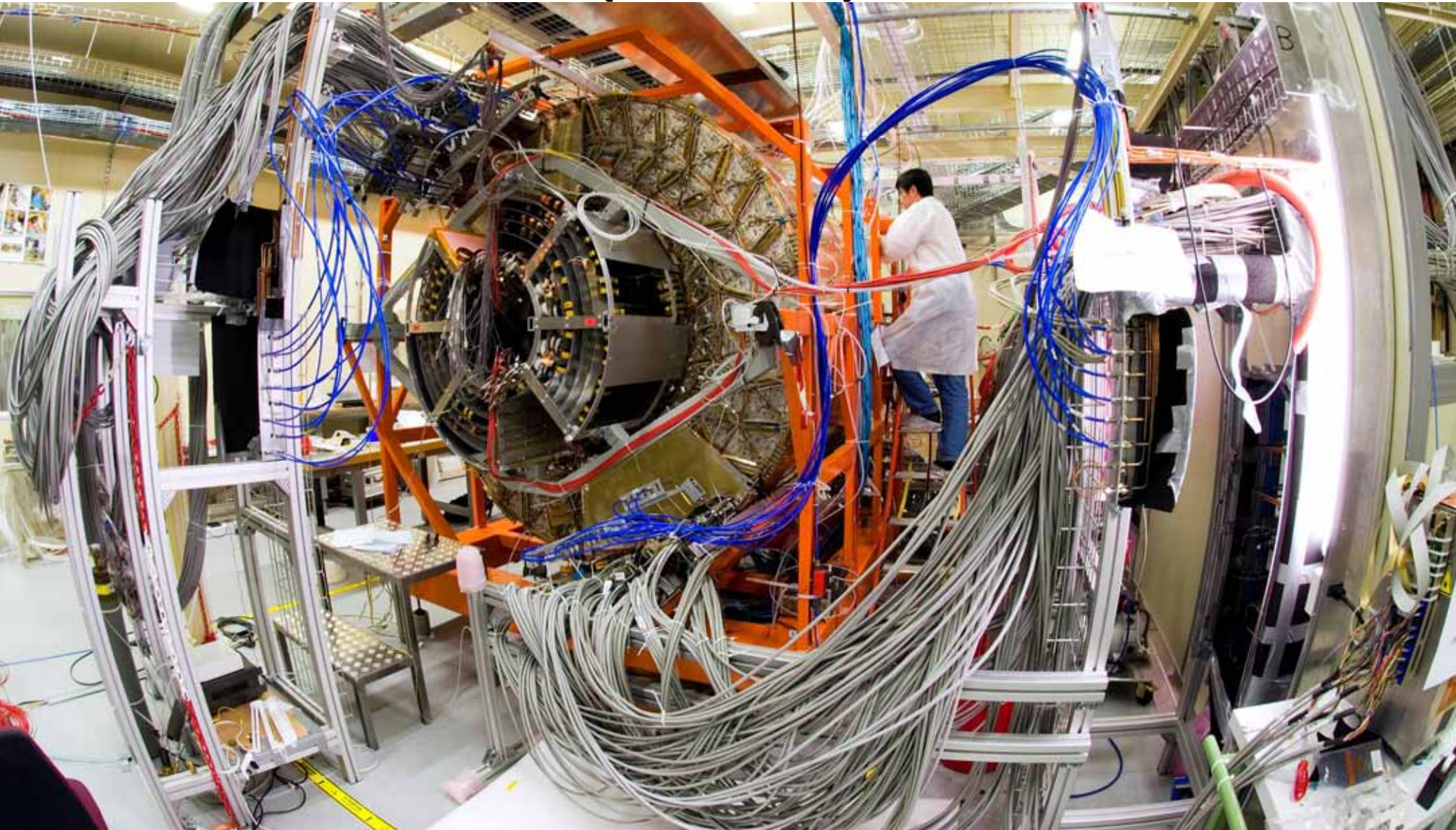
- 2006年の春と冬の地上での宇宙線テストがおこなわれた。
- 宇宙線テストの目的
  - オペレーションの経験を得る
  - ノイズ、検出効率を評価する
  - 検出器のアライメント
- 用いたモジュールの数 ~ 1/4をテスト
  - バレルモジュール: 468(2112)
  - エンドキャップモジュール: 247(988)
- 温度
  - ATLAS本実験: -7
  - 今宇宙線テスト: 17



## SCTの設計値

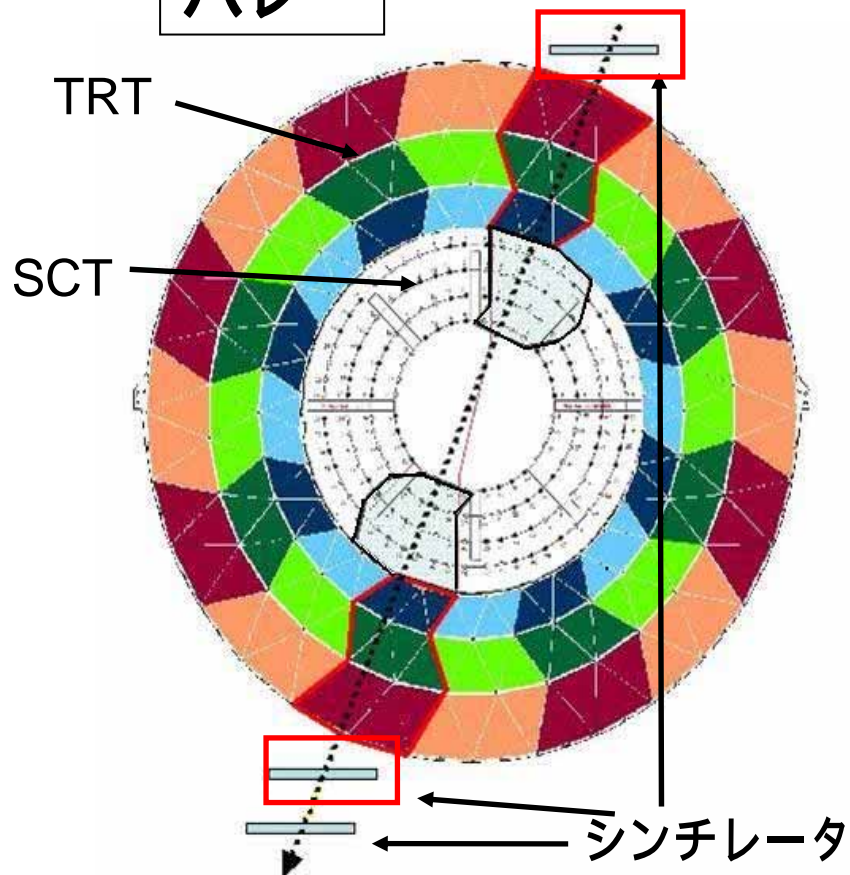
ENC (Equivalent Noise Charge) ~ 1500e<sup>-</sup>  
(エンドキャップInner ~ 1000e<sup>-</sup>)

# SCT飛跡検出器の宇宙線テスト風景 (バレル)

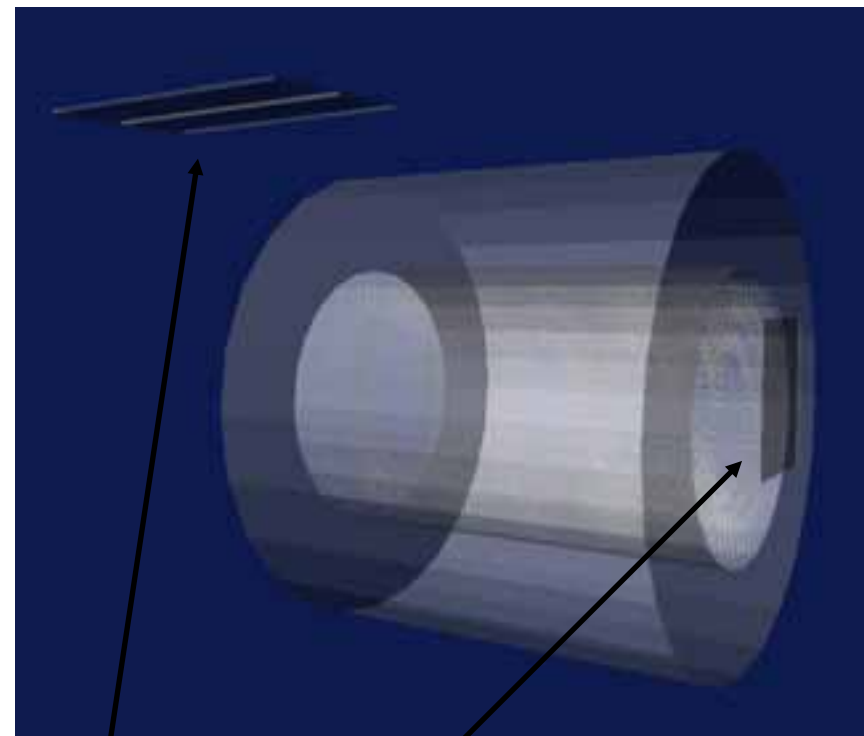


# 宇宙線テストのセットアップ

バレ

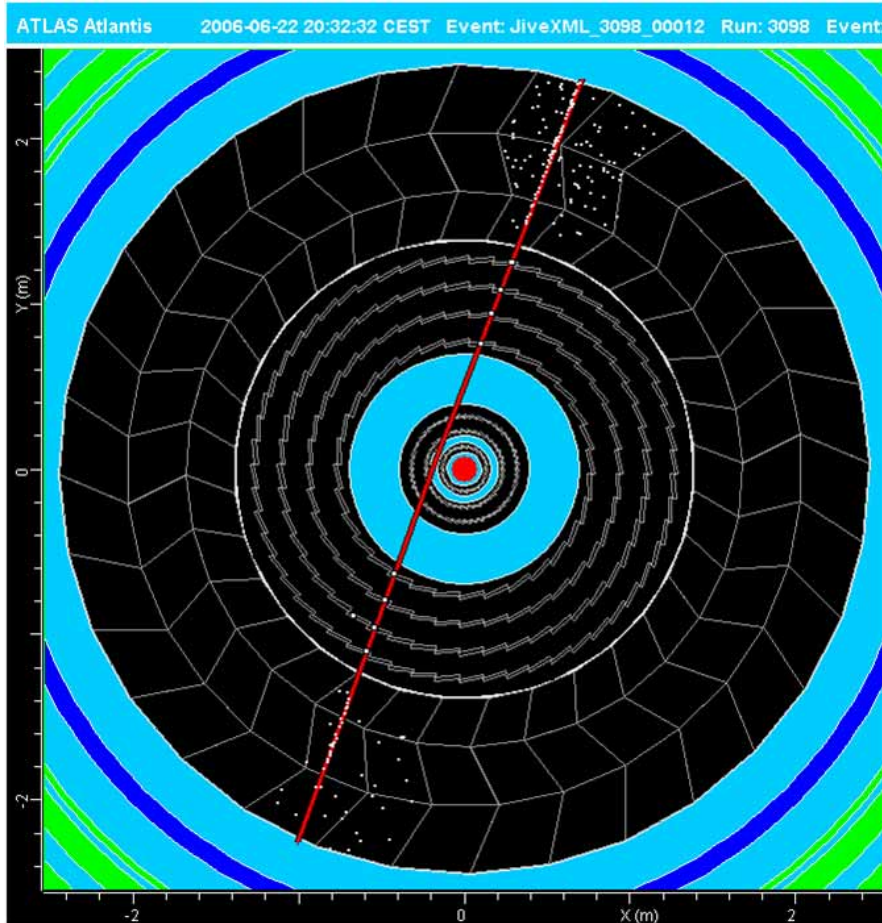


エンドキャップ

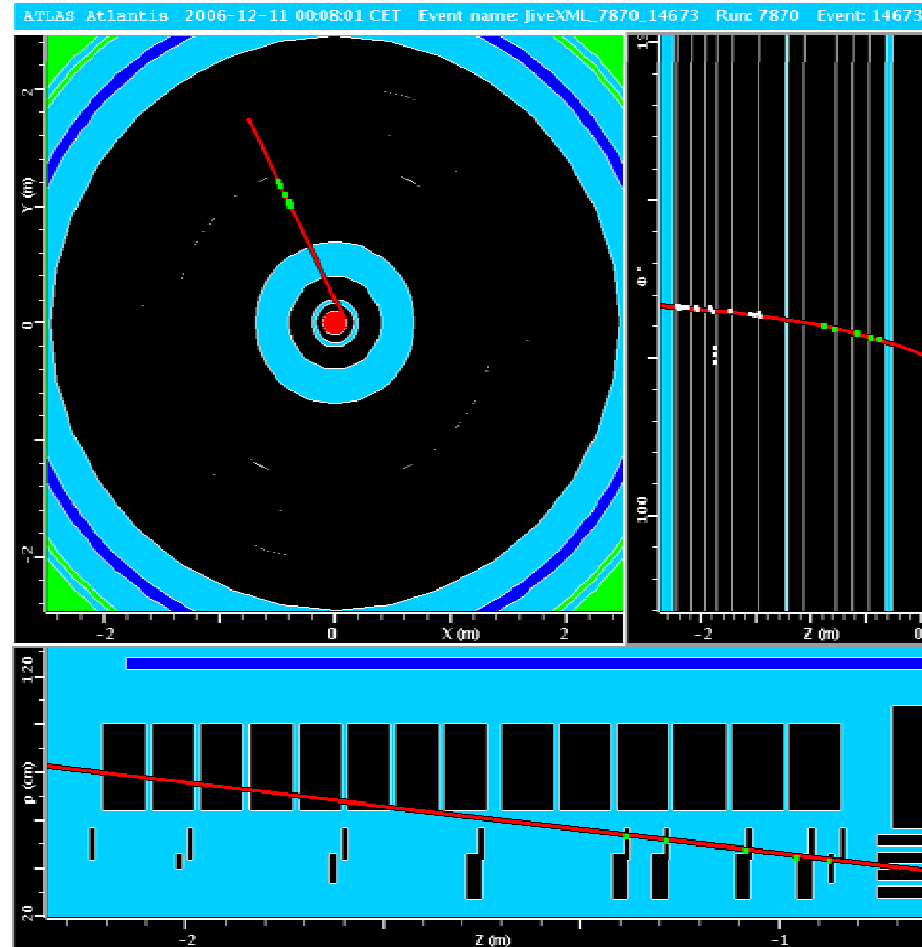


# 宇宙線のイベントディスプレイ

## バレル部宇宙線トラック



## エンドキャップ部宇宙線トラック



# 2.1 ノイズ解析

定義

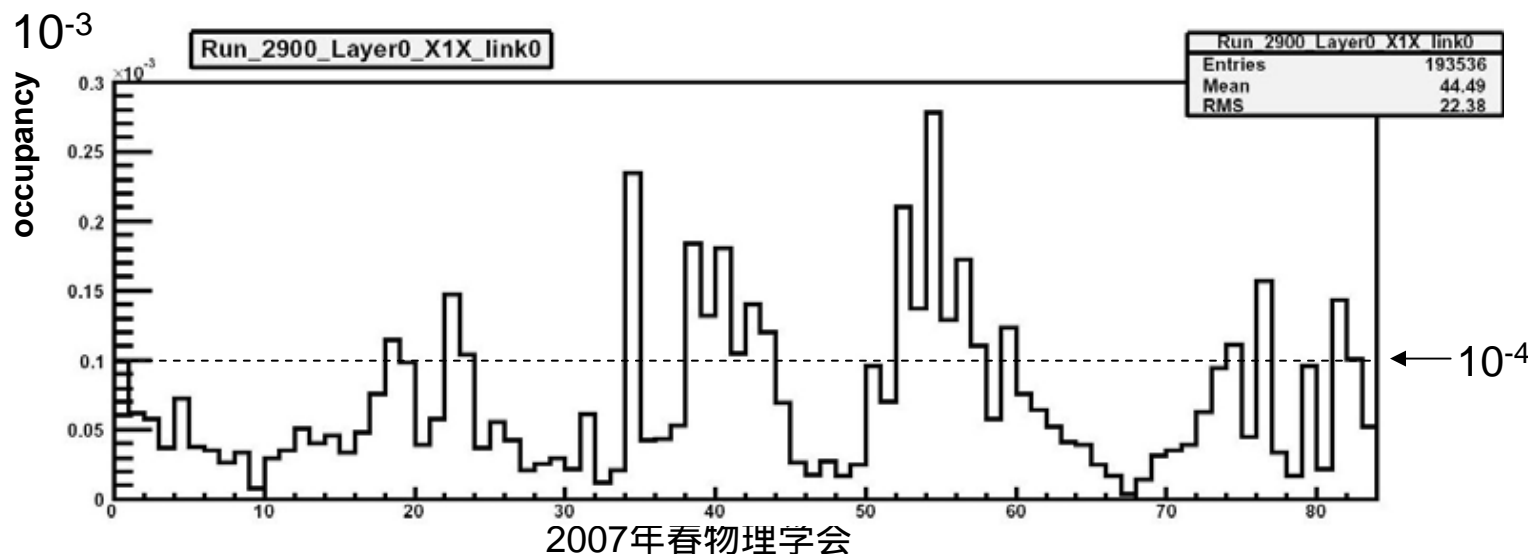
$$NoiseOccupancy = \frac{\text{ヒット数}}{\text{イベント数}}$$

ENC( Equivalent Noise Charge)

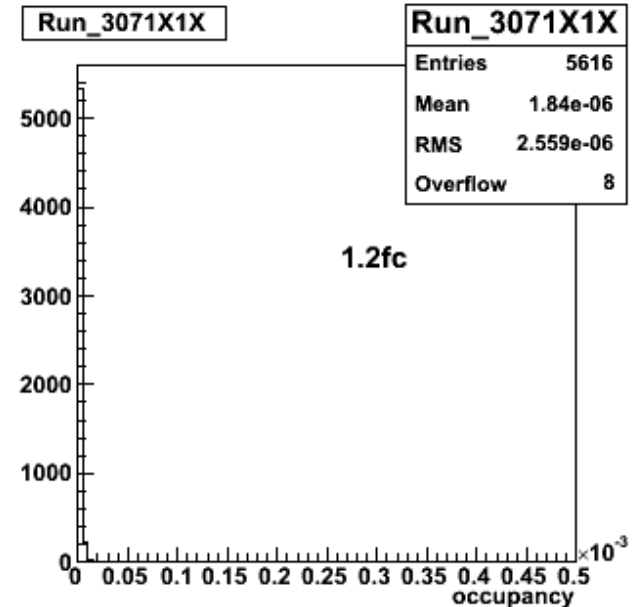
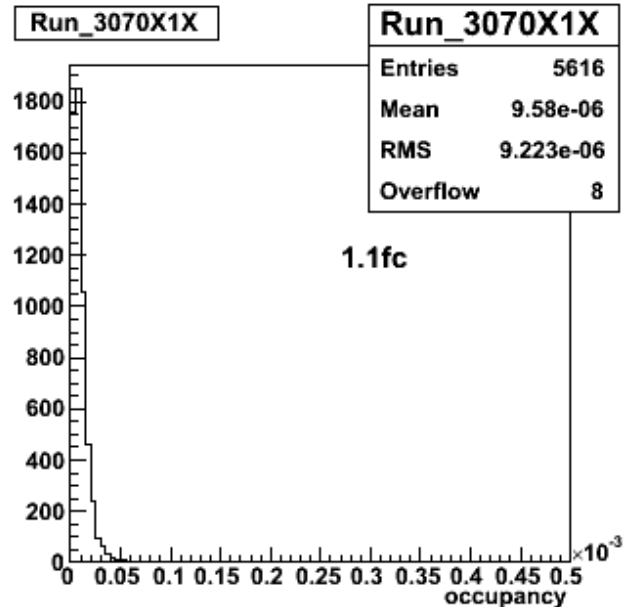
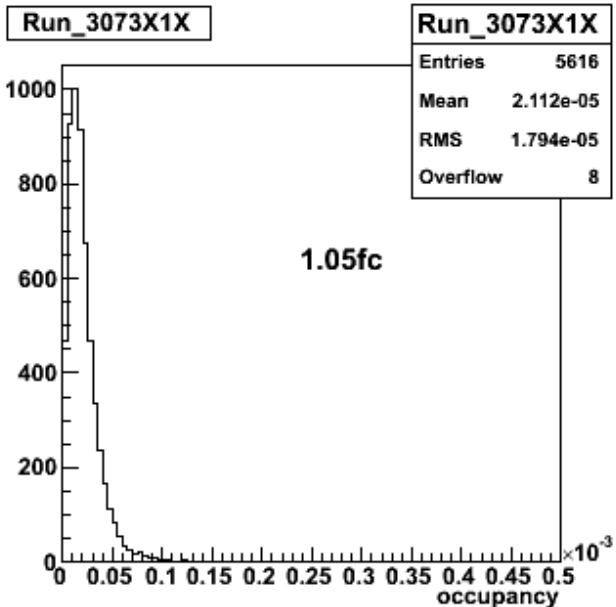
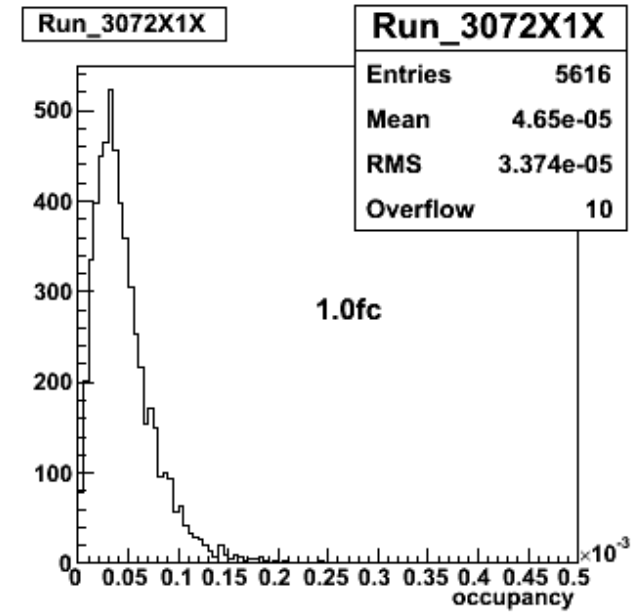
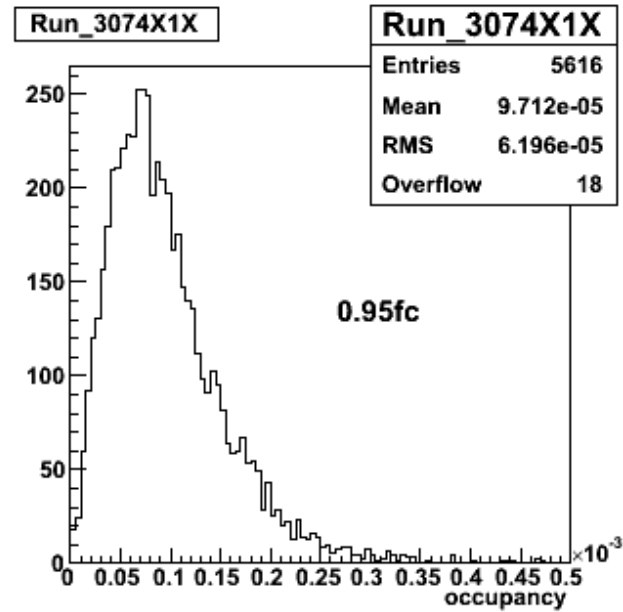
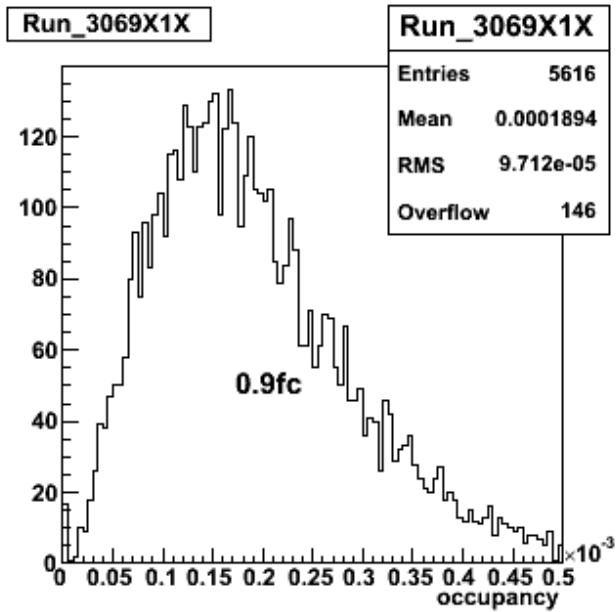
$$NoiseOccupancy = \frac{1 - \text{erf}\left(\frac{\text{Threshold}}{\sqrt{2}\text{ENC}}\right)}{2}$$

erf: 誤差関数

- Module、chip、strip単位でのノイズの差が大きい
  - チップ単位で評価(128strip)
- ENCを出すため、Thresholdを変化させた(0.9,0.95,1,1.05,1.1,1.2fC)



# ノイズ解析(バレル)



# NO vs Threshold ENC

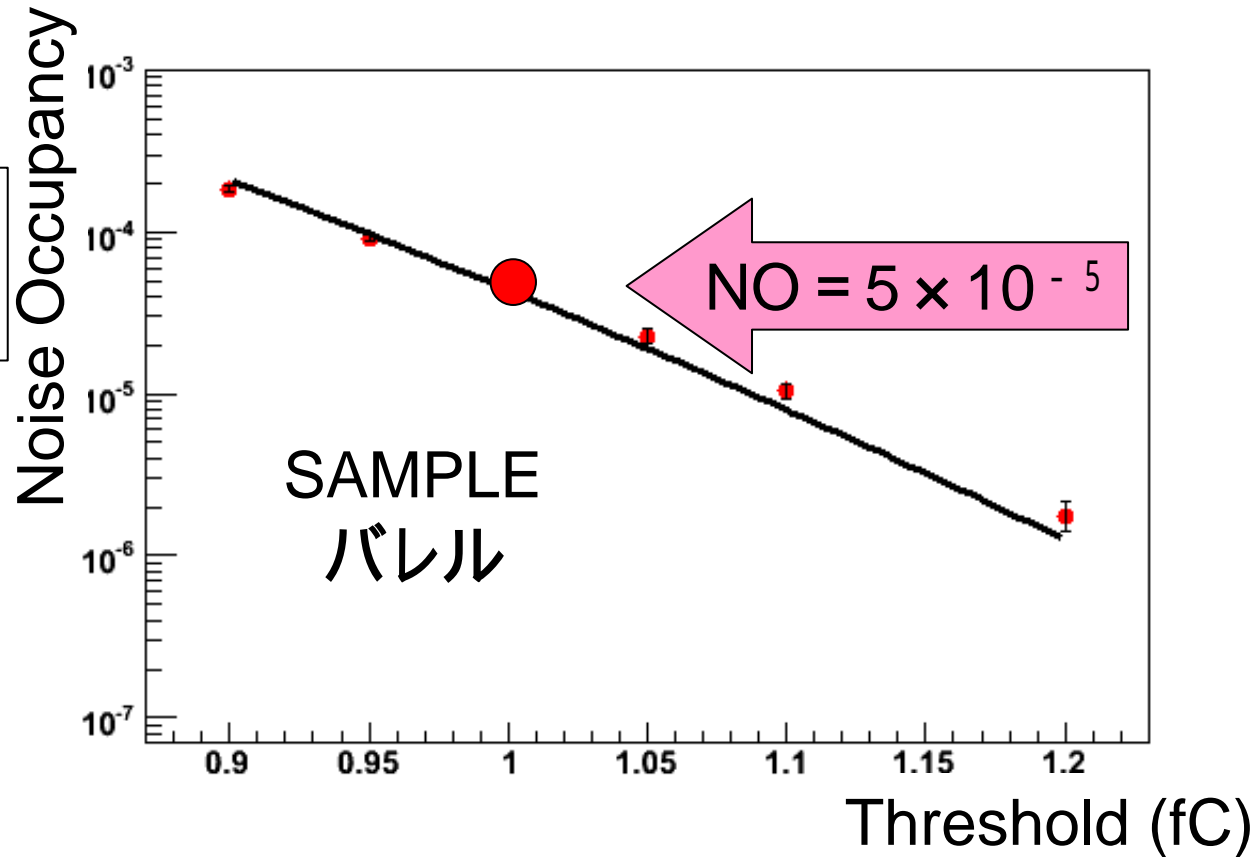


ENC( Equivalent Noise Charge)

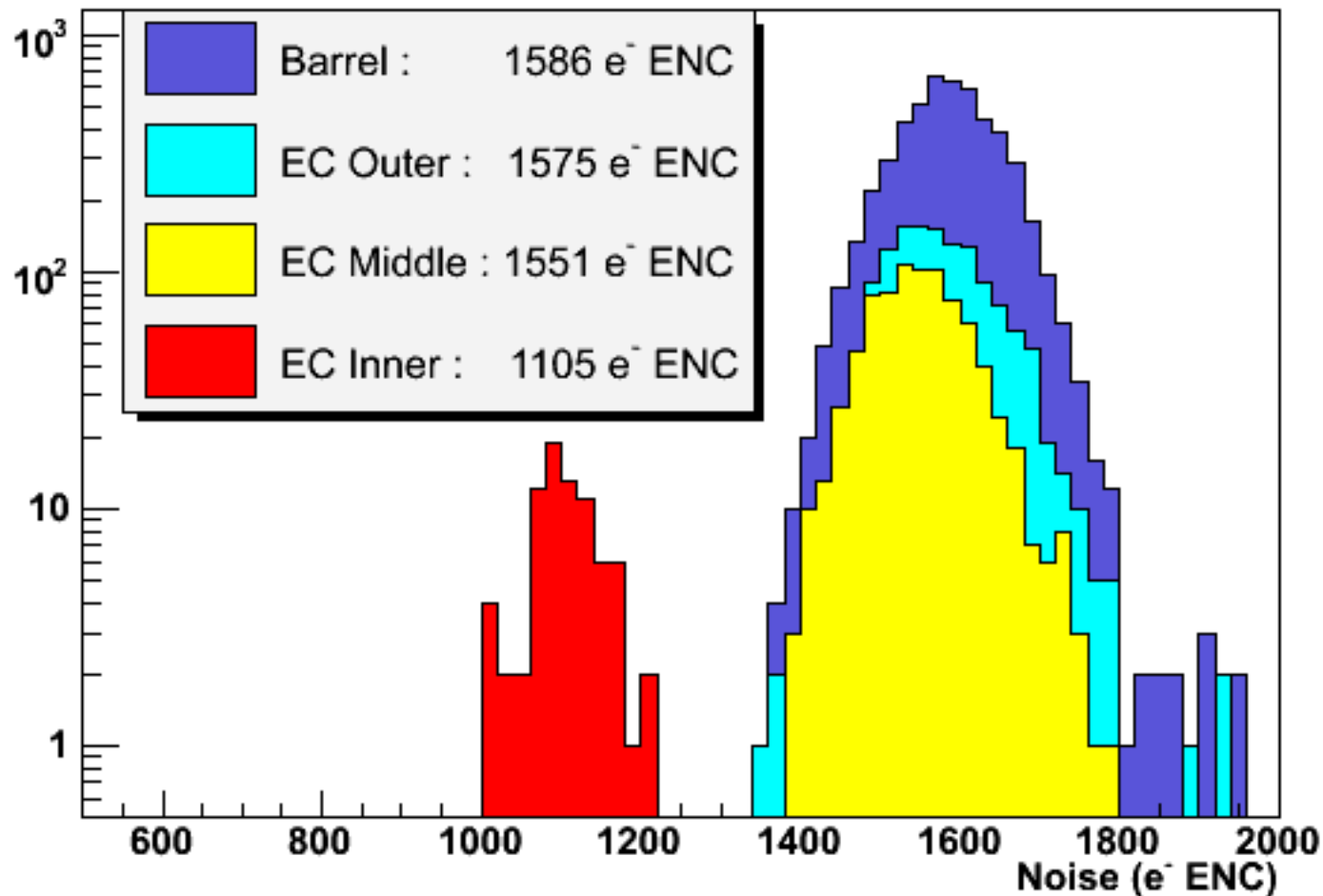
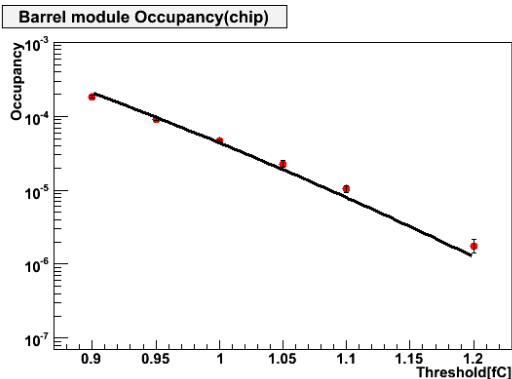
$$NoiseOccupancy = \frac{1 - erf\left(\frac{Threshold}{\sqrt{2}ENC}\right)}{2}$$

*erf*: 誤差関数

注: ノイズは正規分布に従うと仮定



# 測定したENC



**SCTの設計値**

**ENC (Equivalent Noise Charge)  $\sim 1500e^-$**

**(エンドキャップInner  $\sim 1000e^-$ )**



## 2.2 Noisy/Dead チャンネル

- バレル

- 動作していないモジュール: 1
- 宇宙線テストでの全ストリップ  
 $768 * 2 * 467 = 717\ 312$
- 正常に動作していないチャンネル  
Dead 1908  
Noisy 265  
Total 2173

全体の0.30% + 1モジュール  
(モジュール含めると0.52%)

99.5%正常に動作

- エンドキャップ

- 動作していないモジュール: 1
- 宇宙線テストでの全ストリップ  
 $768 * 2 * 246 = 377\ 856$
- 正常に動作していないチャンネル  
Dead 979  
Noisy 203  
Total 1182

全体の0.313% + 1モジュール  
(モジュール含めて0.72%)

99.3%正常に動作

# 3.まとめ

- **宇宙線テストでSCTの性能評価**
  - 正常に動作しているチャンネルは
    - バレル 99.5%
    - エンドキャップ 99.3%
  - ノイズ(ENC)~1600e<sup>-</sup> で、ほぼ設計どおりである。
    - 多少高いのは常温(17 )でやったため
    - 本来 -7
- **2007年春地下コミッションが開始される**



# Barrel Cosmic Track @SR1

